

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0423U100180

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 18-10-2023

**Статус:** Наказ про видачу диплома

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:** Міністерство освіти і науки України, наказ №1543 «Про затвердження рішень атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України від 20.12.2023»



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Іванченко Сергій Едуардович

2. Serhii E. Ivanchenko

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-9859-1835

**Вид дисертації:** кандидат наук

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 05.16.06

**Назва наукової спеціальності:** Порошкова металургія та композиційні матеріали

**Галузь / галузі знань:** Не застосовується

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Не застосовується

**Дата захисту:** 11-10-2023

**Спеціальність за освітою:** Композиційні та порошкові матеріали, покриття

**Місце роботи здобувача:** Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416930

**Місцезнаходження:** вул. Кржижановського, буд. 3, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** Д 26 207 03

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416930

**Місцезнаходження:** вул. Кржижановського, буд. 3, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416930

**Місцезнаходження:** вул. Кржижановського, буд. 3, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 47.09.31, 53.39.03.19, 53.41.47, 30.19.27

**Тема дисертації:**

1. Реологічні властивості та структуроутворення суспензій на основі нанопорошку BaTiO<sub>3</sub> при формуванні діелектричних шарів методом плівкового лиття
2. Rheological properties and structuring of BaTiO<sub>3</sub> nanopowder-based suspensions during the formation of dielectric layers by tape casting method

**Реферат:**

1. Застосовано ряд нових методичних підходів до аналізу зміни структури суспензії під дією зсуву. Розроблено метод нормування ступеню тиксотропії/ропексії та математичну модель для розрахунку розміру гідрокластерів. Встановлено залежності між складом суспензії (вміст порошку, полімеру-зв'язки, пластифікатору та розчиннику) та розробленими параметрами течії, що описують її структуру. Встановлено залежність між параметрами течії суспензій (нормований ступінь тиксотропії/ропексії, коефіцієнт  $n$ , ефективна в'язкість та розмір гідрокластерів) та властивостями (товщиною і шорсткістю поверхні) отриманих з них плівок. Встановлено діапазон складу кожного компонента, що дозволяє отримати суспензії з бажаними параметрами течії, які утворюють плівки з низькою товщиною та шорсткістю поверхні. Для встановлення

оптимальних режимів лиття розроблені математичні моделі залежності товщини плівки від в'язкості суспензії та для розрахунку граничної швидкості зсуву, після досягнення якої починається загущення суспензії. Встановлено залежність між температурою суспензії та властивостями плівок. Вперше зафіксовано та використано феномен отримання плівок нижчої товщини з охолоджених суспензій. Встановлено, що охолоджена до 5 °C суспензія під дією зсуву розріджується більше, відновлює в'язкість до значень менших за початкові та має більший час її відновлення. Це вказує на здатність до деформації структурних елементів, що може зберігатися тривалий час та до перебудови структури суспензії внаслідок охолодження та дії зсуву. Встановлено, що для отримання плівок з шорсткістю поверхні (Ra) до 15 нанометрів та товщиною 500-200 нанометрів методом плівкового лиття (що в 5-10 разів менше товщини промислових аналогів) слід застосовувати суспензії в'язкістю 200-1000 мПа·с (при  $\dot{\gamma}=800$  с<sup>-1</sup>) з реопексним типом течії (T/R dgr norm від 0,72 до 7,06), коефіцієнтом n близьким до одиниці (n від 0,94 до 1,08), охолоджувати їх до 5-10 °C та піддавати швидкості зсуву від 917 до 5392 с<sup>-1</sup>. За допомогою встановлених закономірностей були сформовані плівки з порошків BaTiO<sub>3</sub> та Ni/NiO товщиною 430 нм, з яких методом ізостатичного пресування був зібраний багатошаровий композит. Після спікання при температурі 1200 °C, був отриманий композит з щільними шарами BaTiO<sub>3</sub> товщиною 400 нм і розміром зерен 50-100 нм.

2. This study applies several new systematic approaches to analyze the change in suspension structure under shear. A method for normalizing the thixotropy/rheopexy degree and a mathematical model for calculating hydrocluster size has been developed. Dependencies between suspension composition (powder, binder polymer, plasticizer, and solvent content) and flow parameters describing the structure were established. Relationships between suspension flow parameters (normalized thixotropy/rheopexy degree, flow behavior index, effective viscosity, and hydrocluster size) and tape properties (thickness and surface roughness) were established. The study determined the composition range of each suspension component to obtain the desired flow parameters, enabling the casting of tapes with low thicknesses and surface roughness. Mathematical models were developed to establish the dependence of suspension viscosity on tape thickness and for the shear thickening limit shear rate to determine casting regimes. The relationship between suspension temperature and tape properties was established. For the first time observed and used the phenomenon of obtaining thinner tapes from cooled suspensions. It was found that suspensions cooled to 5 °C exhibited stronger shear-thinning, restored viscosity to lower than initial values, and had a longer viscosity recovery time. This indicates the ability of structural elements to deform, preserve a new shape for a prolonged time, and the ability to rebuild the structure of the suspension through cooling and shear action. The study established that to obtain films with a surface roughness (Ra) lower than 15 nm and a thickness of 500-200 nm using the tape casting method (5-10 times less than the thickness of tapes produced by this method in the industry), rheopexic suspensions (with a T/R dgr norm ranging from -0.72 to -7.06), with flow behavior index of approximately 1 (n ranging from 0.94 to 1.08) and a viscosity of 200-1000 mPa·s (at  $\dot{\gamma}=800$  s<sup>-1</sup>) should be used. These suspensions should be cooled down to 5-10 °C and subjected to a shear rate ranging from 900 to 5392 s<sup>-1</sup> during casting. Based on the established principles, tapes with a thickness of 430 nm were cast using BaTiO<sub>3</sub> and Ni/NiO powders, and a multilayer composite was formed using the isostatic pressing method. After sintering at 1200 °C, a composite with 400 nm thick, dense layers of BaTiO<sub>3</sub> and a grain size of 50-100 nm was obtained.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Нові речовини і матеріали

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- Ivanchenko S. E., Dulina I. O., Umerova S. O., Nikulin A. G., Ragulya A. V. / Formulation and rheology of tape casting suspensions based on BaTiO<sub>3</sub> nanopowders // Springer Proc. Phys. – Springer Science and Business Media, LLC – 2015. – Vol. 167. – P. 193–202. ISSN:09308989, 1867-4941; ISBN:978-331918542-2, 978-3-319-18543-9; DOI:10.1007/978-3-319-18543-9\_11, link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-18543-9\_11
- Ivanchenko S., Umerova S., Baranovskyi D., Kovalenko O., Ragulya A. / Chap. 15 - BaTiO<sub>3</sub> films for multilayer devices by tape casting // OAJ Mater. Devices. – 2022. – Vol. 5, № 2, P. 437–466, ISBN:9798583096497, ISSN:2495-3911, DOI:10.23647/ca.md20201707, http://caip.co-ac.com/index.php/materialsanddevices/article/view/117/79
- Vasylyv B.D., Podhurska V.Y., Ostash O.P., Polishko I.O., Brodnikovs'kyi E.M., Ivanchenko S.E., Vasylyev O.D. / Influence of the Working Media of Fuel Cells on the Structure and Physicomechanical Characteristics of Ceramics of the ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-NiO System // Materials Science, 2020. Vol. 56, P. 15–21, (2020). ISSN:1068-820X <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00391-4>
- Polishko I., Ivanchenko S., Horda R., Brodnikovskiy Ye, Lysunencko N., Kovalenko, L. / Tape casted SOFC based on Ukrainian 8YSZ powder // Materials Today: Proceedings, Vol. 6, P. 237–241, 2019. DOI:10.1016/j.matpr.2018.10.100, sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785318323952
- Ivanchenko S. E., Polishko I. O., Baranovskyi D. I., Brodnikovskiy Ye. M., Vasylyev O. D., Ragulya A. V. / Tape Casting of anode and electrolyte layers for solid oxide fuel cells. // Електричні контакти та електроди (збірник Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича). 2018. Вип. 1, №. 1. С. 65–72. ISSN:2311-0627, researchgate.net/publication/332320879\_Tape\_Casting\_of\_anode\_and\_electrolyte\_layers\_for\_solid\_oxide\_fuel\_cells
- Іванченко С. Е., Умерова С. О., Дуліна І. О., Барановський Д. І., Рагуля, А. В. / Реологічні властивості та плівкоутворююча здатність полімерних суспензій на основі нанопорошку BaTiO<sub>3</sub> // Кераміка наука і життя. – 2016. – Вип. 4, № 33. – С. 39–54. ISSN 2521-6694 (print), ISSN 2521-6708 (online), DOI:10.26909/csl.4.2016.4, ceramic-journal.org.ua/index.php/csl/article/view/50/45
- Іванченко С. Е., Умерова С. О., Барановський Д. І., Рагуля, А. В. Отримання тонких суцільних керамічних плівок на основі нанопорошку BaTiO<sub>3</sub> методом плівкового лиття // Кераміка наука і життя. – 2016. – Вип. 4, № 33. – С. 55–66. ISSN 2521-6694 (print), ISSN 2521-6708 (online), DOI: 10.26909/csl.4.2016.5, ceramic-journal.org.ua/index.php/csl/article/view/51/46
- Загорний М. М., Жигоцький О. Г., Іванченко С. Е., Нікулін А. Г., Рагуля А. В. / Формування композиційних плівок із нанопорошку BaTiO<sub>3</sub> // Наноструктурное Материаловедение. – 2012. – № 1. – С. 37–45, ISSN:1996-9988
- Vasylyev O. D., Brodnikovskiy Y. M., Brychevskiy M. M., Polishko I. O., Ivanchenko S. E., Vereshchak V. G. From powder to power: Ukrainian way // SF Journal of Material and Chemical Engineering – 2018. Vol. 1, № 1. P. 1001, ISSN:2643-8100, scienceforecastoa.com/Articles/SJMCE-V1-E1-1001.pdf
- Ivanchenko S. E., Dulina I. O., Nikulin A. G., Kyrpal R. O., Umerova, S. O., Ragulya A. V. / The Influence of Slip Characteristics and Casting Parameters on the Thickness of Thin Films Obtained by Tape Casting // Proc. Int. Conf. Nanomater. Appl. Prop. – 2013. – Vol. 2, № 1. – С. 1–4, 2304-1862/2013/2(1)01NTF31(4) [nap.sumdu.edu.ua/index.php/nap/nap2013/paper/download/1181/569](http://nap.sumdu.edu.ua/index.php/nap/nap2013/paper/download/1181/569)
- Білоус А. Г., В'юнов О. І., Янчевський О. З., Коваленко Л. Л., Солопан С. О., Васильєв О. Д., Рагуля А. В., Бродніковський Є. М., Полішко І. О., Бродніковський Д. М., Лисуненко Н. О., Бродніковська І. В., Іванченко С. Е., Барановський Д. І. / Багатошарові структури на основі товстих плівок для низькотемпературної (600 °С) паливної комірки // Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчані технології / за загальною редакцією Ю.М. Солоніна. – К.: «КІМ». 2018. С. 190–195, ISBN:978-617-628-070-5, materials.kiev.ua/Hydrogen/Book\_printVer.pdf
- Полішко І. О. Бродніковський Є. М., Лисуненко Н. О., Бродніковський Д. М., Бродніковська І. В., Іванченко С. Е., Барановський Д. І., Бричевський М. М., Васильєв О. Д., Рагуля А. В., Білоус А. Г., В'юнов О. І., Янчевський, О. З. Коваленко Л. Л., Солопан С. О. / Розроблення режимів виготовлення аноду та електроліту керамічної паливної комірки методом стрічкового лиття // Фундаментальні аспекти

відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій за загальною редакцією Ю.М. Солоніна. - К.: «KIM». 2018. С. 184–189, ISBN:978-617-628-070-5, materials.kiev.ua/Hydrogen/Book\_printVer.pdf

- Vyunov O., Kovalenko L., Yanchevskii O., Polishko I., Ivanchenko S., Lysunenko N., Brodnikovskiy D., Chedryk V., Brodnikovska I., Vasylyev O. / Structural, impedance and electron-microscopic studies of multilayer systems for low-temperature (600° C) fuel cell // Hydrog. based energy storage status Recent Dev. / Yartys V., Solonin Y., Zavaliy I. — Lviv : Prostir-M., 2021. — P. 222–228. ISBN: 978-617-8055-08-0 [http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen\\_2019-2021/Hydrogen\\_2021.pdf](http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen_2019-2021/Hydrogen_2021.pdf)
- Brodnikovskiy Y., Vasylyev O., Polishko I., Lysunenko N., Kovalenko L., Ivanchenko S., Brodnikovskiy D., Chedryk V., Brodnikovska I., Horda R., Smyrnova-Zamkova M., Marek I., Myslyvchenko O., Ragulya A., Orlyk S., Belous A., Vereshchak V., Nosyk A. / Development of tape casting technique regimes for manufacturing of solid oxide fuel cells // Hydrog. based energy storage status Recent Dev. / Yartys V., Solonin Y., Zavaliy I. — Lviv : Prostir-M., 2021. — P. 229–237. ISBN: 978-617-8055-08-0 [http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen\\_2019-2021/Hydrogen\\_2021.pdf](http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen_2019-2021/Hydrogen_2021.pdf)
- Zgalat-Lozynskyy O. B., Ieremenko L. I., Tkachenko I. V., Ivanchenko S. E., Zelinskiy A. V., Shpakova G. V., Ragulya A. V. / Tribological Properties of ZrN-Si3N4-TiN Composites Consolidated by Spark Plasma Sintering // Powder Metall. Met. Ceram. — 2022. — Vol. 60, № 9–10 (541). — P. 95–107. ISSN:10681302, DOI:10.1007/s11106-022-00272-2, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11106-022-00272-2>
- Zgalat-Lozynskyy O., Tischenko N., Shirokov O., Ivanchenko S., Tkachenko I., Grinkevych K., Ragulya A. / Deformation Treatment in Spark Plasma Sintering Equipment and Properties of AlON-based Ceramic // J. Mater. Eng. Perform. — 2022. — Vol. 31, № 3. — P. 2575 – 2582. ISSN:10599495, DOI:10.1007/s11665-021-06381-0, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11665-021-06381-0>

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** 0115U002109, 0116U004336, 0117U006187, 0118U003201, 0119U103386, 0119U100554, 0120U100665

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Рагуля Андрій Володимирович
2. Andrii V. Ragulya

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.16.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0859-000

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416930

**Місцезнаходження:** вул. Кржижановського, буд. 3, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

### **Офіційні опоненти**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Сапронов Олександр Олександрович
2. Olexandr O. Sapronov

**Кваліфікація:** д.т.н., доц., 05.02.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-1115-6556

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Херсонська державна морська академія

**Код за ЄДРПОУ:** 35219930

**Місцезнаходження:** проспект Ушакова, буд. 20, Херсон, 73000, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Пашенко Євгеній Олександрович
2. Yevheniy O. Pashchenko

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.02.01, 05.17.11

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-5545-5780

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417377

**Місцезнаходження:** вул. Автозаводська, буд. 2, Київ, 04074, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **Рецензенти**

## VIII. **Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Баглюк Геннадій Анатолійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Баглюк Геннадій Анатолійович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Радченко Олександр Кузьміч

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна